

Ilmu Pertanian Vol. 12 No.2, 2005 : 165 - 178

DINAMIKA SISTEM BERBAGI SUMBERDAYA (*RESOURCES SHARING*) DALAM AGROFORESTRI: DASAR PERTIMBANGAN PENYUSUNAN STRATEGI SILVIKULTUR

Priyono Suryanto¹, Tohari² dan M.Sambas Sabarnurdin¹

ABSTRACT

The determining factor of resources dynamics in agroforestry systems is component characteristics of its composer. This dynamics influencing the resources sharing systems among the composers. This research has objects to understand the dynamic of resources sharing system and the arrangement of productivity improvement strategy in agroforestry systems.

The research was approached through the expression of crops (corn) in responding the resources within trees along border and alley cropping patterns. Data was analyzed by using general linear model based on split plot to analyze dry weight, leaf area, chlorophyll content and leaf greenness. Where as the nutrients contended by tissues was analyzed by using RCBD. If there is difference among the mean of experiments there will be next step which is Duncan Test to find out the best response in significant level of 5%.

The result showed that the absorbance and exploitation based on the highest energy level in succession was zone 3, 2 and 1. Nutrients status and water level in zone 1, 2 and 3 gave no significant, where as there was difference of rooting systems in each zone which were root weight in depth 10-20 cm, root length in 0-10-20 cm depts. and root surface area in 0-10, 20-30 cm depth. Resources sharing system in zone 1 (dominated by suppressed trees and crops), zone 2 (suppressed crops) and zone 3 (dominated crops). The light capture scenario from zone 1 to zone 2 or from zone 2 to zone 3 through crown pruning whereas it's light capture scenario from zone 1 to zone 3 can be carried out through pollarding and commercial thinning. The underground scenario can be carried out through root pruning trees component within the distance of 2 meter from trees line and 30 cm of minimal depth.

Key words: agroforestry, resources sharing, silviculture scenario

PENDAHULUAN

Sistem agroforestri dicirikan oleh keberadaan komponen pohon dan tanaman semusim dalam ruang dan waktu yang sama. Kondisi ini mengakibatkan pengurangan bidang olah bagi budidaya tanaman semusim karena perkembangan tajuk. Oleh karena itu, dinamika ruang sistem agroforestri sangat ditentukan oleh karakteristik komponen penyusun dan sistem budidaya pohon (aspek silvikultur). Sungguhpun kondisi fisik lahan dan pola agroforestri yang dikembangkan juga menjadi faktor penentu.

¹ Fakultas Kehutanan UGM

² Fakultas Pertanian UGM

Pola lorong (*alley cropping*), pohon pembatas (*trees along border*), campur (*mixer*) atau baris (*alternate rows*) mempunyai karakteristik yang membuat dinamika sistem agroforestri di antara pola tersebut berbeda. Pola lorong dalam sistem agroforestri dirancang untuk memadukan dua tujuan pengelolaan secara bersamaan yaitu produksi dan konservasi, sehingga karakter pola lorong ini adalah jarak baris pohon antar lorong satu dengan lorong yang lainnya lebih pendek apabila dibandingkan dengan pola pohon pembatas. Hal ini terjadi karena pola lorong dipilih untuk lokasi yang mempunyai ragam kelerengan (tidak datar).

Dinamika komponen penyusun yang diikuti oleh dinamika ruang berpengaruh terhadap dinamika sumberdaya dalam sistem agroforestri. Dinamika sumberdaya ini akan lebih terlihat dalam sistem berbagi sumberdaya (*resources sharing*) khususnya antar pohon, pohon dengan tanaman semusim dan antar tanaman semusim. Sumberdaya di atas tanah (cahaya matahari) bervariasi dari waktu ke waktu sehingga hal ini memberikan penangkapan cahaya oleh tanaman semusim juga dinamis.

Perkembangan sistem di bawah tanah khususnya sistem perakaran juga akan memberikan kontribusi pada dinamika sistem agroforestri. Kepadatan pohon yang memberikan konsekuensi pada kepadatan penutupan bidang olah oleh tajuk akan berbanding lurus dengan kepadatan perakaran sehingga juga akan menjadi pembatas dalam maksimalisasi penyerapan sumberdaya di bawah tanah oleh tanaman semusim. Dengan demikian dinamika sumberdaya di atas tanah dan di bawah saling berhubungan erat. Salah satu pendekatan untuk mengetahui dinamika sumberdaya baik di atas tanah maupun di bawah tanah adalah respon tanaman semusim dalam menangkap dan memanfaatkan sumberdaya yang diekspresikan dalam pertumbuhan tanaman semusim. Dinamika didasarkan pada sistem zonasi dalam sistem agroforestri untuk mengetahui kecenderungan sumberdaya.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Desa Nglanggeran, Kecamatan Patuk Kabupaten Gunung Kidul, Propinsi DIY. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2004 sampai Maret 2005. Obyek penelitian ini adalah sistem agroforestri yang dikelola dengan model *Alley Cropping* (AC) atau pola lorong (diambil 3 sampel yaitu AC 1, AC 2 dan AC 3) dan *Trees Along Border* (TAB) atau pola pohon pembatas (diambil 3 sampel yaitu TAB 1, TAB 2 dan TAB 3). Jenis pohon terpilih meliputi Jati (*Tectona grandis*), Mahoni (*Swietenia macrophylla*), Sonokeling (*Dalbergia sissooides*) dan Akasia (*Acacia auriculiformis*) sedangkan untuk tanaman semusim yaitu jagung (*Zea mays*). Sampel juga diambil pada sistem pertanaman murni (kondisi terbuka) untuk mengetahui respon pada kondisi non agroforestri.

Pendekatan penelitian ini melalui ekspresi tanaman semusim (jagung) dalam merespon sumberdaya dalam pola *trees along border* (TAB) dan *alley cropping* (AC). Analisis data menggunakan *general linear model* dengan dasar *split plot* untuk analisis berat kering, luas daun, kandungan klorofil dan kehijauan daun sedangkan kandungan hara dalam jaringan dianalisis dengan dasar RCBD. Apabila terjadi perbedaan di antara

rata-rata perlakuan maka dilakukan uji lanjut dengan Duncan untuk mengetahui respon terbaik pada taraf signifikansi 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

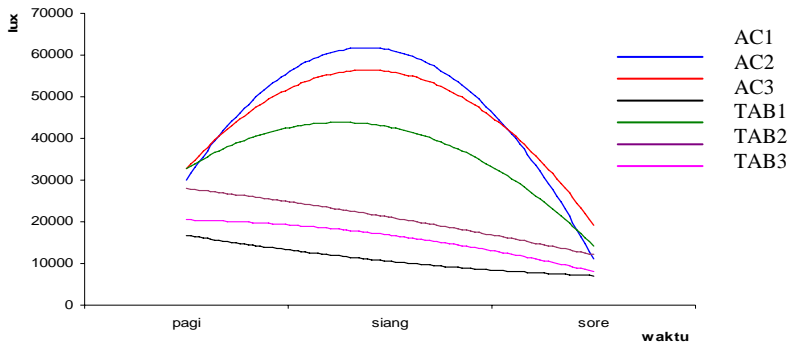
Salah satu karakteristik agroforestri adalah mempunyai tingkat *resiliensi* (kekenyalan) yang tinggi baik produk yang dihasilkan maupun kondisi atau perkembangan biofisiknya. Kekenyalan biofisik ini dapat dilihat dari kemampuan budidaya jenis tanaman semusim untuk merespon perkembangan sumber energi (*resources*) dalam sistem agroforestri tersebut. Respon tanaman semusim ini beragam baik dalam sistem agroforestri ataupun dengan sistem agroforestri yang lain.

Perbedaan yang terjadi dalam satu sistem agroforestri dikarenakan oleh adanya gradien sumberdaya baik yang di atas tanah dan yang di bawah tanah akibat pengaruh kehadiran pohon. Pengaruh di atas lebih dipengaruhi oleh arsitektur tajuk yang akan berpengaruh pada luas penutupan pada bidang olah, sedangkan pengaruh di bawah tanah lebih ditentukan oleh arsitektur perakaran masing-masing jenis. Pohon mempengaruhi pertumbuhan tanaman semusim melalui perubahan sumberdaya seperti cahaya, hara tanah dan air (Scholes dan Walker, 1993).

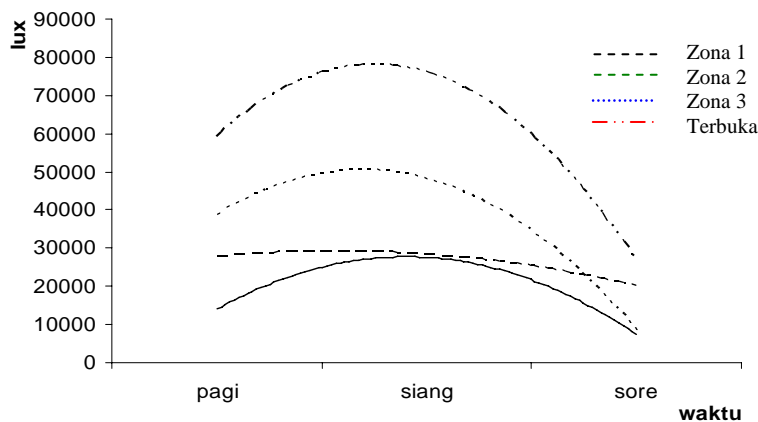
Gradien Cahaya pada Sistem Agroforestri

Penelitian ini menginformasikan bahwa gradien sumber energi (cahaya) sangat tampak nyata berdasarkan waktu (pagi, siang dan sore) apabila dibandingkan antara pola lorong dengan kondisi terbuka. Pembagian zonasi bidang olah dalam sistem agroforestri berdasarkan kedekatan dengan pohon juga memberikan perbedaan yang nyata terhadap kondisi sumberdaya yang tersedia (Gambar 1). Zona 1 yang berdekatan dengan barisan pohon memiliki sumberdaya yang lebih rendah apabila dibandingkan dengan pada zona 2 dan 3, begitu juga untuk zona 2 dan 3 juga menunjukkan perbedaan cahaya. Urutan kondisi terbaik sumber energi dalam setiap sistem agroforestri adalah zona 3, zona 2 dan 1 (Gambar 2).

Pengaruh langsung keberadaan pohon dalam sistem agroforestri adalah penaanungan yang mengakibatkan cahaya yang dapat ditangkap oleh tanaman semusim berkurang. Tajuk pohon yang semakin rapat akan semakin mengurangi cahaya yang sampai ke permukaan tanah. Luas areal ternaungi dalam sistem agroforestri sangat tergantung kepada lebar lahan dan lebar baris pohon yang tertutupi oleh tajuk, sehingga yang menjadi faktor penentu dalam hal ini adalah arsitektur tajuk jenis komponen penyusun. Sabarnurdin dkk. (2004) menjelaskan bahwa pada pola lorong (*alley cropping*) dengan dominansi mahoni pada umur 10 tahun mempunyai perkembangan tajuk sebesar $= 23,7532 (1 - e^{-0,0316 \text{ umur}})^{0,8428}$ ke arah bidang olah.



Gambar 1. Gradien penerimaan cahaya (lux) pada berbagai sistem agroforestri



Gambar 2. Gradien penerimaan cahaya (lux) pada berbagai zona

Pemanfaatan Sumberdaya

Ekspresi tanaman pada hakikatnya merupakan proses lanjut dari penangkapan sumberdaya yang diolah secara fisiologis. Namun analisis pemanfaatan sumberdaya terbatas dalam lingkup waktu tertentu, sehingga perbedaan kondisi atau gradien sumberdaya mengakibatkan pada beberapa parameter tidak menunjukkan perbedaan yang nyata (Tabel 1 dan 2). Faktor lain yang membuat hal ini adalah walaupun penangkapan sumberdaya berbeda akan tetapi masing-masing tanaman masih mampu memproduksi secara fisiologis karena kondisi sumberdaya masih dapat dikompensasi. Menurut Tohari (2004) pada pertanaman tumpangsari, antar jenis tanaman penyusun berinteraksi secara horisontal maupun vertikal mendapatkan faktor tumbuh seperti sinar matahari, air dan unsur-unsur hara lingkungan. Kebutuhan faktor tumbuh tersebut berbeda menurut jenis tanaman penyusun dan tahapan pertumbuhan. Agroforestri sebagai bentuk dari sistem pertanian ganda dirancang untuk mendapatkan pertumbuhan dan hasil maksimum, antara lain melalui pengaturan kepadatan tanaman, pola tanaman, saat tanam, rotasi tanaman dan pemupukan.

Gradien sumber energi (*resources*) pada berbagai sistem agroforestri dan pada setiap sistem zonasi memberikan pengaruh pada morfologi daun yaitu luas daun. Respon luas daun, berat kering daun, batang, biji (100 biji dan total biji), tongkol dan klobot kemudian menunjukkan bahwa antara zona 2 dan 3 tidak berbeda nyata namun keduanya dengan zona 1 terdapat perbedaan yang nyata (Tabel 3 dan 4). Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh cahaya sangat menentukan dalam parameter tersebut. Walaupun kandungan klorofil dan kehijauan daun tidak berbeda nyata. Berdasar informasi ini maka kondisi cahaya mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman jagung.

Kandungan klorofil dan kehijauan daun pada zona 1, 2 dan 3 tidak berbeda nyata (Tabel 2). Agar dapat memanfaatkan radiasi matahari secara efisien, tanaman harus dapat menyerap sebagian besar radiasi tersebut dengan jaringan fotosintesisnya yang hijau. Daun sebagai organ utama untuk menyerap cahaya dan untuk melakukan fotosintesis pada tanaman, mungkin berkembang dari embrio di dalam biji atau dari jaringan meristem di batang. Tanaman yang efisien cenderung menginvestasikan sebagian besar awal pertumbuhan dalam bentuk penambahan luas daun, yang berakibat pemanfaatan radiasi matahari yang efisien Gardner dkk. (1991).

Tabel 1. Luas daun (m^2), kandungan klorofil (μg) dan kehijauan daun pada berbagai sistem agroforestri

Sistem Agroforestri	Luas Daun	Kandungan Klorofil	Kehijauan Daun
Terbuka	3.397,5bc	0,0200cd	29,300a
TAB1	5.648,7a	0,0167d	22,300b
TAB2	3.255,2c	0,0300bc	20,473b
TAB3	2.899,3c	0,0500a	33,543a
AC1	5.005,6a	0,0233cd	19,457b
AC2	4.768,6ab	0,0233cd	18,817b
AC3	4.880,0a	0,0367b	30,983a

Keterangan: Angka pada kolom yang sama dan diikuti huruf sama tidak berbeda nyata menurut uji DMRT 5%

Tabel 2. Luas daun (m^2), kandungan klorofil (μg) dan kehijauan daun pada berbagai sistem zonasi

Sistem Zonasi	Luas Daun	Kandungan Klorofil	Kehijauan Daun
Zona 3	4.812,8a	0,027143a	25,199a
Zona 2	4.444,9a	0,030000a	24,747a
Zona 1	3.537,3b	0,028571a	25,000a

Keterangan: Angka pada kolom yang sama dan diikuti huruf sama tidak berbeda nyata menurut uji DMRT 5%

Respon tanaman semusim (jagung) pada beberapa sistem agroforestri yang ada memberikan kecenderungan tanggapan atas sumberdaya yaitu berat kering jagung secara umum memberikan tanggapan bahwa semakin kondisi lahan atau sistem agroforestri

mempunyai luas atau lebar bidang olah yang ternaungi lebih besar memungkinkan mempunyai berat kering yang lebih tinggi dan sebaliknya (Tabel 3).

Tabel 3. Berat kering daun, batang, 100 butir biji, total biji, klobot dan tongkol (g/m^2) pada berbagai sistem agroforestri

Sistem Agroforestri	Daun	Batang	100 butir biji	Total Biji	Klobot	Tongkol
Terbuka	18,09b	66,08a	27,39b	135,83a	20,36a	23,89a
TAB1	29,40a	45,70b	27,97a	95,49b	13,11b	18,70b
TAB2	13,93c	18,57c	16,70d	37,46d	4,94d	8,22d
TAB3	7,93d	9,70d	16,43d	23,46e	2,60d	5,03d
AC1	18,12b	26,67c	23,90c	74,36c	9,85c	14,61c
AC2	19,08b	25,06c	21,72c	63,85c	8,34c	13,23c
AC3	20,19b	25,66c	20,84c	72,26c	10,12c	14,82c

Keterangan: Angka pada kolom yang sama dan diikuti huruf sama tidak berbeda nyata menurut uji DMRT 5%

Berat kering jagung berdasarkan sistem zonasi yang ada menunjukkan bahwa diantara ketiga zonasi tersebut antara zona 2 dan 3 tidak terdapat perbedaan yang nyata, namun keduanya berbeda nyata terhadap zona 1 baik untuk daun, batang, 100 butir biji, total biji, klobot dan tongkol (Tabel 4). Hasil panen merupakan hasil penimbunan berat kering dalam waktu tertentu, seberapa efisien tanaman memanfaatkan radiasi matahari, dan berapa lama tanaman tersebut dapat mempertahankan pemanfaatan tersebut, secara efisien menentukan berat kering hasil panen tanaman tersebut (Gardner, 1991). Hal ini menunjukkan bahwa kondisi sumberdaya antara zona 2 dan 3 walaupun mempunyai gradien namun pada tidak membuat perbedaan yang nyata pada berat kering jagung (Tabel 3). Perbedaan kondisi sumberdaya antara zona 2 dan 3 terlihat sangat tipis pada siang hari walaupun pada pagi dan sore terdapat perbedaan (Gambar 2). Pengaruh dari gradien alami dari cahaya dan kompetisi dalam tajuk dan tunas mendorong/mendesak morfologi regenerasi secara alami.

Seperti yang disampaikan oleh Sanchez (1995) basis ilmu pengetahuan agroforestri seharusnya terletak pada kompetisi sumberdaya (cahaya, air dan nutrisi), keruwetan (sosial ekonomi dan ekologi), keuntungan dari sistem dan keberlanjutan (konservasi tanah, peningkatan biodiversitas dan keseimbangan CO_2). Kunci untuk memahami potensi biologi dan pengendalian sistem agroforestri dan respon komponen tanaman terhadap lingkungan dalam sistem agroforestri adalah *tree/crop interface* (Huxley, 1985). Dengan demikian bertani pohon dalam sistem agroforestri sebenarnya merupakan bertani cahaya, artinya keberhasilan budidaya baik untuk pohon dan tanaman semusim ditentukan bagaimana melakukan tindakan silvikultur dan agronomi dalam merespon sumber energi tersebut.

Akar merupakan organ tanaman yang menentukan kemampuan tanaman dalam menyerap air dan hara dari dalam media tanam. Karakter akar yang lebih tepat untuk dijadikan indikator kemampuan sistem perakaran dalam menyerap air dan hara adalah luas permukaan akar. Disamping itu, luas permukaan akar juga digunakan sebagai

indikator perkembangan sistem perakaran (O'Toole dan Chang, 1979). Berat kering akar menggambarkan laju pertumbuhan dan perkembangan sistem perakaran.

Tabel 4. Berat kering daun, batang, 100 butir biji, total biji, klobot dan tongkol(g/m²) tanaman jagung berdasarkan sistem zonasi

Sistem Zonasi	Daun	Batang	100 butir biji	Total Biji	Klobot	Tongkol
Zona 3	20,79a	34,80a	23,50a	81,69a	11,68a	16,47a
Zona 2	18,68a	33,13a	22,76a	78,14a	10,67a	14,82a
Zona 1	14,25b	25,90b	20,17b	56,92b	7,61b	10,99b

Keterangan: Angka pada kolom yang sama dan diikuti huruf sama tidak berbeda nyata menurut uji DMRT 5%

Berat kering akar menunjukkan perbedaan antar zonasi mulai 10-20 cm, sedangkan panjang akar mulai 0-10 cm walaupun pada kedalaman 20-30 cm tidak berbeda nyata, kemudian untuk luas permukaan akar pada 0-10 cm terdapat perbedaan 10-20 cm tidak dan 20-30 cm terdapat perbedaan (Tabel 5). Berdasarkan perkembangan perakaran (berat, panjang dan luas permukaan akar) maka ada faktor penentu pertumbuhan dan perkembangan tanaman jagung yang berada di bawah tanah (*underground resources*).

Luas permukaan akar zona perakaran 0-10 cm pada TAB 1, 2 dan 3 tidak terdapat perbedaan yang nyata (sama seperti berat kering akar), begitu juga dengan AC 1 dan 3, AC 2 dan 3 tidak berbeda nyata, sedangkan AC 1 dan 2 terdapat perbedaan yang nyata (Tabel 5). Apabila dibandingkan dengan kondisi terbuka ternyata luas permukaan akar semua tidak berbeda nyata kecuali pada TAB 3 dan AC 2. Kondisi luas permukaan akar pada zona 1 dan 2 berbeda nyata, namun zona 1 dan 3 serta zona 2 dan 3 tidak berbeda nyata (Tabel 5). Pada kedalaman 10-20 cm TAB 1, 2 dan 3 luas permukaan akar tidak berbeda nyata, sedangkan pada pola lorong untuk AC 1 dan 3 tidak berbeda nyata (Tabel 5) namun keduanya berbeda nyata dengan AC 2 (sama seperti pada berat kering akar), begitu juga dengan sistem zonasi, pada zona 1, 2 dan 3 tidak berbeda nyata (Tabel 5). Apabila dibandingkan dengan kondisi terbuka, maka yang tidak berbeda nyata adalah AC 1 dan 3. Pada zona perakaran 20-30 cm dimana luas permukaan akar tidak ada perbedaan yang nyata antara TAB 1, 2 dan 3 (sama dengan zona perakaran 20-30), hal ini senada dengan AC, baik 1, 2, dan 3 tidak terdapat perbedaan yang nyata (Tabel 5).

Perbandingan sistem agroforestri yang ada dengan kondisi terbuka pada berbagai zona perakaran menunjukkan tidak ada perbedaan yang nyata. Kondisi luas permukaan akar berdasarkan sistem zona pada kedalaman 20-30 cm antara zona 1 dan 2, 2 dan 3 tidak berbeda nyata namun 1 dan 3 berbeda nyata dengan zona 1 (Tabel 6).

Menurut konsep dasar fisiologi yang lama, pertumbuhan akar dan fungsinya bagi produksi tanaman adalah didasarkan atas keseimbangan morfogenetik antar akar dan tajuk tanaman. Dengan kata lain bahwa lebih banyak akar, mengakibatkan pertumbuhan tajuk menjadi lebih baik atau tinggi pohon dan luas sebaran tajuknya akan menentukan kedalaman dan luas sebaran perakaran pohon tersebut. Oleh karena itu sebagai dasar pedoman pemberian pupuk kepada pohon atau tanaman biasanya dengan memperhatikan lebar sebaran tajuknya. Berdasarkan hasil penelitian fisiologi tanaman yang telah

dilakukan seabad yang lalu membuktikan bahwa anggapan tersebut tidak sepenuhnya benar. Oleh sebab itu konsep dasar hubungan antara akar dan tajuk tanaman tidak lagi diterima dan berubah menjadi keseimbangan fungsi. Konsep ini lebih menekankan pada fungsi perakaran dalam menyerap air dan hara oleh sistem perakaran daripada ukuran distribusi sistem perakaran tanaman tersebut (Hairiah dkk., 2000).

Sistem perakaran yang baik memungkinkan tanaman mendapatkan sumberdaya yang diperlukan untuk fotosintesis (air dan nutrisi) dalam jumlah yang cukup, sehingga produksi bahan kering meningkat. Dennis dan Turpin (1990) menyatakan bahwa bahan kering hasil fotosintesis merupakan sumber energi bagi pembelahan dan pembesaran sel yang mengakibatkan pertambahan tinggi tanaman. Pengetahuan tentang karakteristik perakaran - seperti dipengaruhi oleh manajemen dan kondisi tempat tumbuh- adalah sangat penting untuk optimalisasi sistem agroforestri (Schroth 1995).

Tabel 5. Berat kering (g), panjang (m) dan luas permukaan (m²) akar pada berbagai pola agroforestri dan sistem zona perakaran

Sistem Agroforestri	Zona Perakaran	Berat Kering	Panjang Akar	Luas Permukaan Akar
Terbuka	0-10	7,85a	27,08a	41,88a
TAB1	0-10	1,51c	21,23abc	33,37ab
TAB2	0-10	1,25c	15,70cd	18,75ab
TAB3	0-10	2,74bc	18,04bcd	17,20b
AC1	0-10	3,66b	23,78ab	53,47a
AC2	0-10	3,52b	13,86d	17,18b
AC3	0-10	1,52c	18,67bcd	33,58ab
Terbuka	10-20	5,05a	46,33a	26,00abc
TAB1	10-20	0,87ed	18,65cd	18,79bc
TAB2	10-20	0,47e	13,61de	8,27c
TAB3	10-20	1,59cb	19,27c	10,03c
AC1	10-20	1,08cd	33,67b	42,39a
AC2	10-20	1,96b	11,85e	10,97c
AC3	10-20	0,60ed	29,14b	34,14ab
Terbuka	20-30	0,72a	23,08a	3,44a
TAB1	20-30	0,13cb	3,72c	2,10a
TAB2	20-30	0,10c	5,07bc	5,42a
TAB3	20-30	0,24b	10,13b	1,34a
AC1	20-30	0,09c	7,01bc	6,75a
AC2	30-30	0,14cb	3,61c	1,13a
AC3	20-30	0,15bc	7,34bc	4,45a

Keterangan: Angka pada kolom yang sama dan diikuti huruf sama tidak berbeda nyata menurut uji DMRT 5%

Respon unsur hara (N,P,K tot) dalam daun, akar dan total tanaman tidak menunjukkan perbedaan yang nyata begitu juga dengan kadar air dalam setiap sistem zonasi dari sistem agroforestri yang ada (Tabel 7). Hal senada juga terjadi untuk respon

kandungan klorofil dan kehijauan daun. Dengan demikian status nutrisi dalam tanah tidak menjadi faktor penentu dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman jagung.

Tabel 6. Berat kering (g), panjang (m) dan luas permukaan (m²) akar pada berbagai sistem zonasi dan zona perakaran

Sistem Zonasi	Zona Perakaran	Berat Kering	Panjang	Luas Permukaan
Zona 1	0-10	2,49a	1,26b	0,16b
Zona 2	0-10	3,29a	1,74a	0,29a
Zona 3	0-10	3,67a	1,98a	0,24ab
Zona 1	10-20	1,26b	21,89b	20,13a
Zona 2	10-20	1,74a	24,71ab	21,85a
Zona 3	10-20	1,98a	27,34a	22,56a
Zona 1	20-30	0,16b	19,36a	21,89b
Zona 2	20-30	0,29a	19,60a	24,71ab
Zona 3	20-30	0,24ab	20,34a	27,34a

Keterangan: Angka pada kolom yang sama dan diikuti huruf sama tidak berbeda nyata menurut uji DMRT 5%

Tabel 7. Kadar air, N, P dan K total (%) pada total tanaman dalam berbagai sistem agroforestri

Sistem Agroforestri	Kadar Air	Ntot	Ptot	Ktot
Terbuka	11,5100a	1,3700bc	0,2000b	0,6100c
TAB1	12,7033a	1,4400abc	0,4500a	0,5300c
TAB2	12,0400ab	1,1200c	0,3400ab	1,1967b
TAB3	11,9033ab	1,4300abc	0,39667a	1,7767a
AC1	12,333ab	1,7076a	0,3933ab	0,8933bc
AC2	11,7700b	1,3467bc	0,33667ab	0,5433c
AC3	11,6567b	1,4607ab	0,3700ab	0,6200c

Keterangan: Angka pada kolom yang sama dan diikuti huruf sama tidak berbeda nyata menurut uji DMRT 5%

Rekonstruksi Sistem Agroforestri

Agroforestri merupakan sistem pengelolaan lahan yang mensinergiskan antara kelebihan pertanian dan kehutanan. Ruang temu (*interface*) antara pohon dan tanaman pertanian merupakan kunci dalam pengelolaan agroforestri. Menurut Huxley (1985) kunci untuk memahami potensi biologi dan pengendalian sistem agroforestri dan respon komponen tanaman terhadap lingkungan dalam sistem agroforestri yaitu *tree/crop interface*. Di dalam ruang temu ini sebenarnya kepentingan petani untuk menghadirkan komponen penyusun dari pohon dan tanaman semusim, sehingga kehadiran dua komponen tersebut harus memperhatikan interaksinya. Menurut Nair (1993) dalam sistem

agroforestri dikenal adanya beberapa interaksi yang bersifat positif pada wilayah pertemuan antara pohon dan tanaman semusim (*tree-crop interface*).

Manajemen ruang temu kehutanan dan pertanian (agroforestri) didasarkan pada tindakan silvikultur dan agronomi baik secara paralel atau seri. Dengan demikian dalam agroforestri, silvikultur dan agronomi menjadi dasar dalam menentukan keberlangsungan agroforestri. Dinamika ruang temu sangat menentukan apakah model agroforestri yang berkembang diprioritaskan untuk menjaga keseimbangan produk baik pohon dan tanaman semusim atau mengarah pada model yang didominasi oleh komponen pohon. Berdasarkan struktur dan komponen penyusun sejarah agroforestri dapat dibedakan menjadi tiga yaitu :

1. Agroforestri awal, dimana model agroforestri yang pemanfaatan sumberdaya dalam hal ini adalah ruang horizontal untuk tanaman semusim lebih dari 50%. Hal ini dapat dilihat dari pengaruh pohon dalam menimbulkan daerah/bidang ternaungi, sehingga memunculkan luas bidang olah efektif.
2. Agroforestri pertengahan, dimana model agroforestri yang berkembang sudah mengarah pada pengurangan bidang olah karena seiring dengan waktu, pohon memberikan pengaruh naungan sehingga luasan bidang olah 25-50%. Kondisi ini disebabkan oleh pengaruh tajuk baris satu dengan baris kedua, sehingga bidang olah yang difungsikan untuk budidaya tanaman semusim, menjadi dimanfaatkan untuk jenis pengkayaan (*enrichment planting*) dengan tanaman pohon.
3. Agroforestri lanjut, merupakan proses lanjutan dari agroforestri pertengahan sehingga model lanjutnya adalah sangat tergantung pada jenis pengkayaan, apabila jenis yang dipilih adalah pohon multiguna maka bentuk agroforestri lanjutnya adalah kebun campur, sedangkan kalau menggunakan jenis pohon maka akan mengarah pada *full trees* atau yang dikenal dengan hutan rakyat. Dengan demikian hutan rakyat merupakan bentuk akhir dari agroforestri.

Lintasan agroforestri awal dapat dipertahankan posisinya untuk tidak bergeser ke lintasan agroforestri pertengahan melalui strategi silvikultur yaitu dengan penjarangan, pruning dan pollarding sehingga sepanjang pengelolaan agroforestri berada pada status awal yang aktif. Pengaruh tindakan silvikultur tersebut tidak hanya memberikan ruang tumbuh akan tetapi sekaligus juga difungsikan untuk menjaga atau meningkatkan status tapak. Adapun dasar pertimbangan dilakukan *pruning* salah satunya adalah kepadatan tajuk, seperti yang disampaikan oleh Lee dkk. (2001) kepadatan tajuk merupakan dasar pertimbangan yang mempunyai bobot tinggi untuk melakukan tindakan pruning buatan (*artificial pruning*).

Agroforestri awal dapat dilakukan percepatan untuk segera memasuki lintasan kedua melalui manajemen pohon untuk memfasilitasi pertumbuhan yang optimal, dengan pengaturan ruang. Bertahannya status agroforestri awal yang aktif ditekankan karena petani pohon mempunyai luas lahan yang terbatas sehingga model agroforestri yang dikembangkan dapat menghadirkan komponen tanaman semusim sepanjang pengelolaan. Namun bagi petani pohon yang mempunyai luas lahan yang dapat diandalkan untuk produksi pertanian (misal sawah) maka lahan untuk agroforestri lebih ditekankan pada kehadiran pohon. Ketiga lintasan tersebut sangat dipengaruhi oleh tindakan silvikultur dan agronomi, sehingga pemeliharaan yang terus-menerus (*continous maintenance*) akan menghasilkan stabilitas dan keberlanjutan agroforestri. Prinsip dari percepatan lintasan

model agroforestri atau mempertahankan model agroforestri yaitu berhitung dengan resiko, artinya kalau akan menekankan komponen pohon tentu akan memberikan pengaruh pada produksi tanaman semusim dan begitu sebaliknya.

Keberhasilan agroforestri berbasis pohon salah satunya didasarkan pada pemilihan jenis. Prinsip pemilihan jenis pohon dalam agroforestri adalah ketepatan antara lokasi pemapanan dengan karakteristik jenis terpilih serta nilai peruntukannya. Strategi dalam pemilihan jenis untuk agroforestri mempunyai spesifikasi yaitu berdasarkan peruntukannya dan karakter silvikanya. Spesifikasi lain yang perlu dipertimbangkan adalah perencanaan pengelolaan berdasarkan dinamika ruang dan waktu terhadap komponen penyusun. Pertimbangan pengelolaan ini akan memberikan gambaran bentuk akhir sistem agroforestri yang akan dibangun. Apakah akan menghadirkan komponen pohon dan tanaman semusim dalam ruang dan waktu yang sama sepanjang pengelolaan atau berdasarkan rentang waktu terbatas.

Pertimbangan peruntukkan akan memberikan konsekuensi pada nilai ragam jenis yang dipilih, artinya semakin banyak manfaat yang didapatkan maka ragam jenisnya semakin tinggi. Sedangkan karakteristik jenis didasarkan pada kemudahan dan kesederhanaan pengelolaannya. Pohon merupakan komponen penting dalam model agroforestri lorong (*alley cropping*) dan pohon pembatas (*trees along border*). Karakteristik pohon sangat berpengaruh terhadap penggunaan sumberdaya yang ada. Karakteristik penting yang perlu dipertimbangkan adalah arsitektur tajuk yang meliputi lebar, kedalaman dan volume tajuk dan karakter pertumbuhan yaitu jenis pertumbuhan cepat (*fast growing spesies*) atau lambat (*slow growing spesies*). Sifat lain yang penting adalah sistem perakaran (morfologi, intensitas dan sebaran). Karakter pohon yang terekspresikan sangat mempengaruhi dalam penangkapan dan penggunaan sumberdaya, sehingga sangat berpengaruh dalam sistem berbagi sumberdaya (*resources sharing*) dalam sistem agroforestri.

Proses amandemen lintasan agroforestri untuk mempertahankan lintasan agroforestri awal, pertengahan dan lanjut pada dasarnya menerapkan dua tindakan yaitu pembatasan sumberdaya (*resources limitation*) dan perluasan sumberdaya (*enrichment resources*). Misal pada amandemen lintasan agroforestri awal aktif (Gambar 3), pembatasan sumberdaya dikarenakan agar ruang sumberdaya baik vertikal maupun horisontal tidak didominasi oleh komponen pohon sehingga ruang sumberdaya untuk tanaman semusim cukup atau bahkan bisa diperluas. Proses percepatan lintasan agroforestri awal ke agroforestri pertengahan merupakan perluasan sumberdaya untuk komponen pohon dan pembatasan sumberdaya untuk tanaman semusim. Namun, perluasan sumberdaya maupun pembatasan sumberdaya masih terfokus pada dimensi ruang horisontal.

Tindakan silvikultur pada lintasan agroforestri aktif merupakan langkah untuk membuka sumberdaya bagi tanaman semusim dan 'membiarkan' perkembangan pohon dalam lintasan ini merupakan penyusutan sumberdaya untuk tanaman semusim. Dengan demikian strategi pengamanan sumberdaya untuk mempertahankan suatu lintasan agroforestri akan mengacu pada prinsip bahwa peningkatan sumberdaya untuk pohon sama artinya dengan pembatasan sumberdaya untuk tanaman semusim dan sebaliknya peningkatan sumberdaya untuk tanaman semusim sama artinya dengan pembatasan sumberdaya komponen pohon.

Ciri yang membedakan antara lintasan agroforestri aktif, pertengahan dan lanjut adalah kepadatan sumberdaya (*resources density*) untuk tanaman semusim. Semakin mengarah ke agroforestri lanjut maka kepadatan sumberdaya untuk tanaman semusim semakin berkurang dan sebaliknya untuk komponen pohon. Tantangan yang paling serius untuk riset fisiologis tanaman dalam *intercropping* dan agroforestri yaitu bagaimana menterjemahkan hal-hal yang berhubungan dengan pemahaman untuk peningkatan produktivitas aktual (Fukai dan Trendbath, 1993). Prinsip utama yang mendasari konsep interaksi kompetisi dalam penangkapan sumberdaya diantara spesies adalah tergantung pada kemampuan untuk menangkap dan menggunakan secara efektif sumberdaya yang menjadi faktor penentu pertumbuhan minimum (Monteith, 1981). Menurut Ong dkk. (1996) penangkapan dari sumberdaya terbatas (seperti cahaya, air dan nutrisi) tergantung jumlah, areal permukaan, distribusi dan keefektifan dari elemen individual dalam kanopi atau sistem perakaran dari spesies atau kombinasinya.

Skenario Silvikultur untuk Peningkatan Penangkapan Sumberdaya

Berdasarkan hasil analisis situasi tanaman semusim (jagung) pada berbagai sistem agroforestri dan sistem zonasi dalam setiap sistem/model agroforestri maka dapat disusun suatu penangkapan dan pemanfaatan sumberdaya sebagai berikut :

Informasi situasi tanaman jagung di atas maka dapat disusun skenario untuk peningkatan penangkapan dan pemanfaatan sumberdayanya melalui :

1. Skenario di atas tanah (*aboveground resources*)

Skenario ini diperuntukkan pada peningkatan cahaya matahari masuk pada zona 1 dan 2 dan mempertahankan untuk kondisi cahaya pada zona 3. Tindakan yang dilakukan yaitu pruning tajuk untuk meningkatkan status cahaya dari zona 1 ke dua, atau zona 2 ke tiga. Sedangkan untuk meningkatkan status cahaya dari zona 1 ke zona 3 maka dapat dilakukan melalui *pollarding* dan *commercial thinning*.

2. Skenario di bawah tanah (*underground resources*)

Skenario dilakukan untuk meningkatkan penyerapan hara tersedia dalam tanah, melalui minimalisasi persaingan penyerapan unsur hara dengan pohon. Tindakan yang dilakukan yaitu pruning akar pada kedalaman 0-30 cm. Sehingga persaingan penyerapan unsur hara hanya terjadi antar tanaman semusim tidak antara tanaman semusim dengan pohon.

3. Skenario perpaduan skenario 1 dan 2

Skenario perpaduan ini ditujukan untuk peningkatan penangkapan dan penyerapan sumberdaya secara bersamaan baik di atas tanah maupun di bawah tanah.

Semua skenario di atas diperuntukkan agar lintasan agroforestri yang berkembang mengarah pada amandemen agroforestri awal aktif sehingga tanaman semusim dapat dihadirkan sepanjang pengelolaan. Dengan demikian skenario ini tidak berlaku untuk perubahan lintasan dari agroforestri awal aktif ke pertengahan, atau dari pertengahan ke lanjut tetapi untuk lintasan pertengahan ke awal aktif atau dari agroforestri lanjut ke awal aktif (seperti pada Gambar 3).



Gambar 3. Strategi Lintasan agroforestri berdasarkan skenario peningkatan penangkapan dan pemanfaatan sumberdaya

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- Respon tanaman jagung menunjukkan bahwa pemanfaatan sumber energi paling tinggi secara berurutan adalah zona 3, 2 dan 1.
- Status nutrisi dan kadar air pada zona 1, 2 dan 3 tidak berbeda nyata, sedangkan sistem perakaran terdapat perbedaan antar zonasi yaitu pada berat akar pada kedalaman 10-20 cm, panjang akar pada kedalaman 0-10-20 cm (20-30 cm tidak berbeda nyata) dan luas permukaan akar 0-10 cm dan 20-30 cm terdapat perbedaan namun 10-20 tidak.
- Sistem berbagi sumberdaya dalam sistem agroforestri awal menunjukkan bahwa pada zona 1 (pemanfaatan energi didominasi oleh pohon /tanaman semusim sangat tertekan), zona 2 (respon tanaman semusim tertekan) dan pada zona 3 (respon tanaman semusim optimal).
- Skenario untuk peningkatan penangkapan dan pemanfaatan cahaya dari zona 1 ke 2, atau zona 2 ke 3 melalui pruning tajuk sedangkan dari zona 1 ke zona 3 dapat dilakukan melalui *polarding* dan *commercial thinning* sebagai skenario tindakan sistem di atas tanah. Skenario untuk meningkatkan penyerapan sumberdaya pada sistem di bawah tanah dapat dilakukan melalui pruning akar pohon penyusun dengan jarak 2 m dari baris pohon dengan kedalaman minimal 30 cm.

Saran

Basis informasi respon pertumbuhan tanaman semusim (jagung) dalam sistem agroforestri untuk justifikasi model sistem berbagi sumberdaya perlu tindaklanjuti dengan memperdalam informasi tanggapan tanaman semusim melalui riset dengan desain yang terkontrol baik ruang maupun waktu.

DAFTAR PUSTAKA

Dennis, D.T. and D.H.Turpin. 1990. *Plant Physiology Biochemistry and Molecular Biology*. John Wiley and Sons Inc. New York.

- Fukai, S., and B.R.Trendbath. 1993. Processes determining intercrop productivity and yields of component crops. *Field crops research* 34, 237-271.
- Gardner, F.P., R.B. Pearce., and R.L. Mitchel.1991. *Physiology of Crop Plant* (Fisiologi Tanaman Budidaya, alih bahasa H. Susilo). UI Press. Jakarta.
- Hairiah, K., Utami, S.R., Suprayogo, D., Widiyanto., Sitompul, S.M., Sunaryo., Lusiana. B., Mulia, R, Van Noordwijk, M., and Cadisch, G. 2000. *Agroforestri pada Tanah Masam: Pengelolaan interaksi antara pohon-tanah-tanaman semusim*. ISBN. 979-95537-5-X. ICRAF-Bogor.
- Huxley, P.A.1985. The tree/crop interface-or simplifying the biological/environmental study of mixed cropping agroforestry system. *Agroforestry System* 3:251-266.
- Lee J., Dean Roczen dan S.Youkhana. 2001. *Vineyard canopy density mapping with ikonos satellite imagery. Presented at the third international conference on geospatial information in agriculture and forestry*, Denver, Colorado.
- Monteith, J.L.1981. Does light limit crop production? In:Johnson, C.B. (ed) *Physiological Processes Limiting Plant Productivity*. Butterwoths, London,pp 23-39.
- Nair, P.K.R.1993. *An introduction to Agroforestry*.Kluwer Academic Publiser, The Netherlands.
- Ong, C.K.1996. A framework for quantifling the various effects of tree-crop interactions.In : Ong,C.K. and Huxley,P.A. (eds) *Tree-Crop Interaction: A Physiological Approach*. CAB International/ICRAF.Wallingford/Nairobi.
- O'toole, J.C., dan T.T. Chang. 1979. *Drought Resistance in Cereal: Rice a Case Study*. John Willey and Sons. New York. USA.
- Sabarnurdin,M.S., Priyono S., dan W.B. Aryono. 2004. Dinamika pohon mahoni (*Swietenia macrophylla* King) pada agroforestri pola lorong (alley cropping). *Jurnal Ilmu Pertanian* Vol.11. No.1:63-73.
- Sanchez, P.A. 1995. Science in agroforestry. *Agroforesry system* 30:5-55.
- Schroth, G.1995.Tree root characteristics as criteria for species selection and systems design in agroforestry. *Agroforestry Systems* 30:125-143.
- Scholes, R.J., dan Walker, B.H. 1993. *An African savanna:synthesis of the Nylsvley study*.Cambridge University Press:New York.
- Tohari. 2004. *Sistem Pertanaman Ganda: Suatu Strategi Agronomi Adaptif Daerah Tropik Basah*. Kumpulan Pidato Pengukuhan Guru Besar Universitas Gadjah Mada. Ilmu-Ilmu Pertanian.Gadjah Mada University Press.